









**Fiber reinforced ceramic composite friction disc**

**Patent number:** EP1323944  
**Publication date:** 2003-07-02  
**Inventor:** BAUER MORITZ (DE); KRUPKA MARIO (DE); KIENZLE ANDREAS DR (DE); KRAETSCHMER INGRID (DE)  
**Applicant:** SGL CARBON AG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** F16D69/02; C04B35/80; C04B35/573  
- **european:** F16D69/02C, F16D69/02  
**Application number:** EP20020028771 20021223  
**Priority number(s):** DE20011064229 20011231

**Also published as:**

 US2003129375 (A1)  
 JP2003201185 (A)  
 DE10164229 (A1)

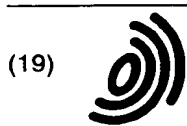
**Cited documents:**

 FR2781852  
 EP1211231  
 WO9941069  
 WO0226659  
 US6042935

**Abstract of EP1323944**

Friction disk contains a friction layer and a core zone made from fiber-reinforced ceramic composite materials. The core zone contains at least two layers of multidirectional fibrous tissue as reinforcement. At least 5% of the surface of each fibrous tissue is penetrated by a matrix material so that the matrix material forms a continuous phase even in the direction perpendicular to the plane of the tissue layers. An Independent claim is also included for a process for the production of the friction disk. Preferred Features: The reinforcing fibers are carbon-containing fibers having an average length of at least 50 mm. The matrix contains phases of silicon carbide, silicon and, optionally, carbon in the core zone.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 323 944 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**02.07.2003 Patentblatt 2003/27**

(51) Int Cl.7: **F16D 69/02, C04B 35/80,  
C04B 35/573**

(21) Anmeldenummer: **02028771.0**

(22) Anmeldetag: **23.12.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO**

- Kienzle, Andreas, Dr.  
86672 Thierhaupten (DE)
- Krätschmer, Ingrid  
86485 Biberbach (DE)
- Krupka, Mario  
86477 Adelsried (DE)

(30) Priorität: **31.12.2001 DE 10164229**

(71) Anmelder: **SGL CARBON AG  
65203 Wiesbaden (DE)**

(74) Vertreter: **Deckers, Hellmuth, Dr.  
Patentanwaltskanzlei Zounek,  
Industriepark Kalle-Albert,  
Rheingastrasse 190-196  
65174 Wiesbaden (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Bauer, Moritz  
86153 Augsburg (DE)**

(54) **Reibscheiben aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen**

(57) Reibscheibe enthaltend eine Reibschicht und eine Kernzone aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen, wobei daß die Kernzone mindestens zwei Lagen aus multidirektionalem Fasergewebe als Verstärkung enthält, wobei mindestens 5 % der Fläche

jeder Fasergewebelage von Matrixmaterial durchsetzt ist, derart daß das Matrixmaterial auch in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Gewebelagen eine kontinuierliche Phase bildet

EP 1 323 944 A1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf Reibscheiben aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf Kupplungsscheiben für Kraftfahrzeuge und ein Herstellungsverfahren von Reibscheiben aus diesen Verbundwerkstoffen, wobei diese Reibscheiben die faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffe, insbesondere solche, die mit Kohlenstoffasern verstärkt sind, umfassen, speziell gewebeverstärktes C/SiC - Kernmaterial (mit Kohlenstoffasern verstärkte Materialien, deren Matrix Siliciumcarbid enthält) und eine keramische Reibschicht, die überwiegend SiC-Phasen enthält.

[0002] Seit langem ist es bekannt, für Reibbeläge von Kupplungen Mineralfaserstoffe zu verwenden. Besonders gut geeignet sind hierfür Asbestwerkstoffe. Der Einsatz dieser asbesthaltigen Materialien ist heutzutage jedoch ökologisch nicht mehr vertretbar, so daß nahezu ausschließlich Werkstoffe auf Basis anderer Mineralfasern zum Einsatz kommen. Wegen der gestiegenen Motorleistungen, Fahrzeuggeschwindigkeiten und Fahrzeuggewichten sind auch die Anforderungen an die tribologischen Eigenschaften von Kupplungsscheiben im KFZ-Bereich gestiegen; daher werden zunehmend auch neue Werkstoffpaarungen erprobt.

[0003] Von besonderem Interesse sind hierbei mit Kohlenstoffasern verstärkte Verbundwerkstoffe oder Keramiken, insbesondere solche mit SiC-haltiger Matrix. Diese Werkstoffe zeichnen sich durch hohe Temperaturbeständigkeit, geringen Verschleiß und gute tribologische Eigenschaften aus.

[0004] In der DE-A 199 39 545 wird vorgeschlagen, zur Erhöhung der Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit gegenüber dem Stand der Technik Kupplungsscheiben mit Reibbelägen aus mit Kohlenstoffasern verstärktem Siliciumcarbid (SiC) zu verwenden. Nachteilig ist hierbei, daß die Herstellung einer dichten SiC-Matrix mit einer Faserverstärkung aus Kohlenstoffasern technisch nur aufwendig zu realisieren ist. Ein technischer Fortschritt bei der Materialsynthese wurde durch die Silicium-Flüssiginfiltration von mit Kohlenstoffasern verstärkten kohlenstoffhaltigen Vorkörpern erreicht, wobei im allgemeinen mit Kohlenstoffasern verstärkte Verbundwerkstoffe mit Si- und SiC-Matrix entstehen.

[0005] In der WO-A 00/41982 werden Keramikkörper für Bremsscheiben vorgeschlagen, die aus einer Kern- und einer Reibschicht zusammengesetzt sind, wobei der Kernkörper durch mindestens eine langfaserverstärkte Schicht, bevorzugt mit zueinander winkelfasetzten UD-Schichten (Schichten aus "unidirectional tapes", also Bändern, die parallel liegende Endlosfasern enthalten), aufgebaut wird. Zwischen den UD-Schichten sind gegebenenfalls weitere Schichten aus kurzfaserverstärktem Material oder gewebeverstärktem Material angeordnet. Für hohe Rotationsgeschwindigkeiten, die besonders für Kupplungsscheiben gefordert werden, hat sich gezeigt, daß die UD-Faserlagen aufgrund

der geringen Zugfestigkeit senkrecht zur Faserrichtung weniger geeignet sind.

[0006] Bezüglich der Oxidationsbeständigkeit bei höchsten Temperaturen und unter Dauerbetrieb insbesondere bei Bremsscheiben haben sich kurzfaserverstärkte C/SiC-Varianten bewährt. Die für Kupplungsscheiben geforderten hohen Drehzahlen werden aber mit den kurzfaserverstärkten C/SiC-Varianten nicht erreicht.

[0007] Aus den Anmeldungen EP-A 1 124 074 und EP-A 1 124 071 sind Bremsscheiben aus C/SiC und Herstellungsverfahren dafür bekannt, bei denen neben kurzfaserbündelverstärktem Grundmaterial auch Langfasern zur Verstärkung vorgesehen sind. Die Langfasern erstrecken sich um die Form der Bremsscheibe. Hierdurch soll das Rißwachstum gebremst und die Scheibenfestigkeit erhöht werden. Die beschriebenen Scheiben weisen allerdings keine gesonderten SiC-reichen Reibschichten auf, die sich insbesondere für schnell rotierende Brems- und Kupplungsscheiben als vorteilhaft erwiesen haben.

[0008] Zur Erzielung hoher Langfasergehalte und einer über das gesamte Bauteil gleichmäßigen Langfaserverteilung sind die Herstellungsverfahren aus EP-A 1 124 074 und EP-A 1 124 071 weniger gut geeignet. Beides ist aber Voraussetzung für eine weitere Steigerung der Festigkeit gegenüber der rotierenden Belastung.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es daher, gegenüber diesem Stand der Technik eine Verbesserung der Festigkeit von faserverstärkten Reibscheiben, insbesondere Kupplungsscheiben, bei hohen Drehzahlen oder Rotationsgeschwindigkeiten zu erreichen, wobei gleichzeitig gute Reibeigenschaften der Reibflächen und ein günstiges Oxidationsverhalten realisiert werden sollen. Die Kupplungsscheiben sollen mit dem technisch und ökonomisch effizienten Flüssigsiliciumverfahren herstellbar sein.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch die Bereitstellung von Reibscheiben enthaltend eine Reibschicht und eine Kernzone aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen, die durch mehrere Lagen von multidirektionalem Fasergewebe verstärkt sind, wobei die einzelnen Lagen unterbrochen werden durch Matrixbereiche, wobei die Matrix Phasen aus Siliciumcarbid, metallischem Silicium und gegebenenfalls Kohlenstoff enthält. Die Kupplungs- oder Reibscheiben weisen zusätzlich eine Verbundkeramik-Reibschicht mit einem Massenanteil an SiC im Bereich von 30 bis 99 % auf.

[0011] Die Erfindung betrifft daher Reibscheiben enthaltend eine Reibschicht und eine Kernzone faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen, die mindestens zwei Lagen aus multidirektionalem Fasergewebe als Verstärkung enthalten, wobei mindestens 5 % der Fläche jeder Fasergewebelage, bevorzugt mindestens 10 %, und besonders bevorzugt mindestens 15 %, von Matrixmaterial durchsetzt ist, derart daß das Matrixmaterial auch in einer Richtung senkrecht zur Ebene der

Gewebelagen eine kontinuierliche Phase bildet.

**[0012]** Unter "Fasergewebelage" oder "Fasermatten" wird hier und im folgenden jedes flächige Gebilde aus Fasern verstanden, also auch Geflechte, Gestricke, Gewirke und Vliese.

**[0013]** Die Fasermatten innerhalb einer Lage stellen eine hohe Zugfestigkeit in der Ebene unabhängig von der Richtung sicher und ermöglichen somit hohe Rotationsgeschwindigkeiten. Überraschenderweise wurde gefunden, daß durch Unterbrechungen in der Fläche der Fasermatten durch Matrixbereiche die interlaminae Scherfestigkeit zwischen zwei benachbarten Fasermatten verbessert wird, und damit der Zusammenhalt des Verbundwerkstoffs bei scherender oder Torsions-Beanspruchung, die beispielsweise bei Reibbelastung auftritt, gewährleistet. Darüber hinaus werden die Oxidationspfade entlang den oxidationsempfindlichen Kohlenstoffasern durch die oxidationsunempfindliche Matrix unterbrochen und das Voranschreiten der oxidativen Faserschädigung verhindert.

**[0014]** Erfindungsgemäß werden als Verstärkungsfasern Langfasern mit einer mittleren Länge von mindestens 50 mm verwendet, die mindestens bidirektional zu einer Fasermatte gewebt, gestrickt, gewirkt oder geflochten sind. Gegenüber unidirektionalen Faserbändern ist hierdurch eine wesentlich bessere Festigkeit gewährleistet. Ebenso ist in einfacher Weise sichergestellt, daß in einer Lage immer sowohl radiale als auch tangential Verstärkungskomponenten vorliegen.

**[0015]** Bevorzugt werden als Verstärkungsfasern kohlenstoffhaltige Fasern, insbesondere Kohlenstoffasern und/oder Graphitfasern eingesetzt. Die Matrix enthält bevorzugt Phasen aus Siliciumcarbid, sowie zusätzlich Phasen, die metallisches Silicium, gegebenenfalls legiert mit anderen Metallen, und gegebenenfalls Phasen, die elementaren Kohlenstoff und/oder Carbide von Elementen außer Silicium, enthalten. Es ist bevorzugt, daß die Matrix einen Massenanteil von mindestens 70 % an Siliciumcarbid enthält.

**[0016]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist die Verwendung der erfindungsgemäßen Reibscheiben insbesondere als Kupplungsscheiben sowie Bremscheiben in Fahrzeugen.

**[0017]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist die Zusammensetzung der Reibfläche oder Reibschicht aus einer Verbundkeramik, die einen hohen Anteil an SiC-Phasen aufweist. Dieser Massenanteil beträgt bevorzugt 30 bis 99 %, bezogen auf die Masse der Reibschicht. Hierdurch wird die Verschleißfestigkeit und der Reibwert der Reibfläche verbessert, bei - wegen ihrer ähnlichen thermischen Ausdehnung - ungeschwächter Bindung an die Tragzone des Reibkörpers. Diese kraftschlüssige Anbindung an die erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffe wird möglich durch die in der Richtung senkrecht zu den Fasergewebelagen kontinuierliche Matrix der Verbundwerkstoffe.

**[0018]** Der Werkstoffverbund aus Kernzone und Reibschicht eines derartigen Reibkörpers wird vorteil-

hafterweise durch eine Flüssiginfiltration von faserverstärkten oder faserbündelverstärkten kohlenstoffhaltigen Vorkörpern mit Siliciumschmelzen hergestellt. Derlei Verfahren sind beispielsweise aus der DE-A 198 56 721, DE-C 197 11 829 oder der DE-A 197 10 105 bekannt.

**[0019]** Erfindungsgemäß besitzt die Kernzone der Reibscheibe eine Faserverstärkung aus Fasermatten, wobei die Fasern insbesondere mit Polymeren oder carbonisierbaren Stoffen und/oder deren Pyrolyseprodukten beschichtet sind. Als Fasern werden bevorzugt kohlenstoffhaltige Fasern, besonders bevorzugt Kohlenstoff- oder Graphitfasern, und Fasern enthaltend Verbindungen von mindestens zwei der Elemente Si, C, B, Ti, oder N untereinander verwendet.

**[0020]** Die Länge der Fasern oder Faserbündel in dem Fasermatten ist bei der Anwendung als Reibscheibe bevorzugt mindestens 10 % des Durchmessers der Reibscheibe.

**[0021]** Die Fasermatten bzw. die sie aufbauenden Fasern werden bevorzugt mit Kohlenstoff beschichtet, der durch die Carbonisierung von Polymeren, Harzen oder Pechen gebildet wird. Hierdurch wird der sogenannte "Opferkohlenstoff" und ein Kohlenstoffschutzhülle als Faserschutz für die nachfolgende Silicierung aufgebaut. Während der Silicierung wird dieser Kohlenstoff teilweise in SiC umgewandelt. Erfindungsgemäß werden der Faserschutz und die Silicierungsbedingungen so gewählt, daß zumindest ein Teil dieses Opferkohlenstoffs, des Faserschutzes und der Fasern zu SiC und Resten an Si und C umgesetzt werden. Hierdurch entstehen die erfindungsgemäßen, die Fasermatte unterbrechenden Matrixbereiche. Dabei werden die einzelnen Fasermatten bevorzugt vollständig durch eine Schicht aus Matrixmaterial voneinander getrennt.

**[0022]** Die Größe und Anordnung dieser Matrixbereiche läßt eine dreidimensionale Durchdringung des Verbundwerkstoffs mit der SiC, Si und C enthaltenden Phase zu. Im Gegensatz zu dem aus dem Stand der Technik bekannten Aufbau der Kernzone aus durchgehenden Gewebematten, Prepreglagen, Vliesen und dergleichen weist die erfindungsgemäße Ausführung senkrecht zur Ebene der Fasermatten eine durchgehende SiC, Si und C enthaltende (Matrix-) Phase auf. Hierdurch wird eine hohe Scherfestigkeit und Torsionsfestigkeit zwischen benachbarten Faserlagen erreicht. Bei der Anwendung als Kupplungsscheibe ist es bevorzugt, daß die von Matrixbereichen durchsetzte Fläche der Fasermatten mindestens 20 % beträgt.

**[0023]** Während die durch thermische Überlastung hervorgerufene Oxidation, insbesondere der Kohlenstoffasern, bei den Verbundwerkstoffen des Standes der Technik entlang den Faserbündeln ins Innere des Verbundwerkstoffs voranschreitet, wird bei den erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffen der weitere Fortschritt der Oxidation wirkungsvoll durch die SiC, Si und C enthaltenden Matrixbereiche gestoppt.

**[0024]** Die Reibschicht bzw. der Reibbelag, der auf

die Kern- oder Tragzone aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen aufgebracht ist, um den erfindungsgemäßen Reibkörper zu bilden, unterscheidet sich von der Zusammensetzung der Matrix des erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffes durch einen verringerten Fasergehalt beziehungsweise einen höheren Anteil an Si- und SiC-Phasen. Insbesondere enthält die Reibschicht weder eine Gewebe- noch eine Langfaser-  
 5 verstärkung. Die maximale Faserlänge der Kurzfasern in der Reibschicht beträgt maximal 30 mm. Bevorzugt wird für die Reibschicht eine Zusammensetzung mit einem Massenanteil an SiC-Phasen von 30 bis 99 %, besonders bevorzugt von 70 bis 98 %, insbesondere von 80 bis 95 %, bezogen auf die Masse der Reibschicht. Der Massenanteil an (Kurz-)Fasern in der Reibschicht beträgt bevorzugt 20 bis 60 %, insbesondere bis zu 35 %, bezogen auf die Masse der Reibschicht. Die Dicke der Reibschicht liegt bei mindestens 0,1 mm, bevorzugt bei mindestens 0,5 mm und besonders bevorzugt bei  
 10 mindestens 1 mm.

**[0025]** Das Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Reibscheibe, gliedert sich in die folgenden allgemeinen Schritte:

- a) Herstellung eines Prepregs aus mindestens zwei Lagen von bidirektionalem Fasergewebe, insbesondere Kohlenstoffaser-Gewebe
- b) Aushärten des Prepregs
- c) Carbonisierung zu einem C/C-Körper, gegebenenfalls gefolgt von Schritt e)
- d) Imprägnierung des C/C-Körpers mit carbonisierbaren Bindern (Pechen, Harzen oder Polymeren), gegebenenfalls gefolgt von Schritt c)
- e) Beschichtung mindestens einer Oberfläche mit einer Masse bestehend aus carbonisierbaren Bindern und Kohlenstoff-Kurzfasern
- f) Carbonisieren und Infiltration mit einer Si-Schmelze

**[0026]** Zur Herstellung dieser Reibkörper werden zunächst kohlenstoffhaltige poröse Grünkörper hergestellt (Schritte a bis d).

**[0027]** Dabei werden mindestens zwei Lagen aus mit Harz oder Kunststoffen beschichteten Fasergewebelagen oder Flächengebilden, insbesondere aus Kohlenstofffasern, übereinandergelegt, zusammengepreßt und ausgehärtet. Hier werden die aus der CFK- oder CFC-Herstellung üblichen Verfahren der Prepreg-Technologie angewendet. Wesentlich ist, daß bei diesem Fertigungsschritt carbonisierbare Binder zur Aushärtung der imprägnierten Fasergewebelagen zu einem CFK-Körper eingesetzt werden. Bei der Ablage der bidirektionalen Gewebelagen ist es von Vorteil, die Faserausrichtungen winkelfersetzt anzuordnen, so daß sich über alle Lagen im Mittel eine möglichst gleichmäßige (isotrope) Faserausrichtung ausbildet. Beispielsweise wird man bei zwei Fasergewebelagen und einem Winkel der Fasern im Gewebe von ca. 90° die beiden Lagen

um 45° winkelfersetzt anordnen. Ebenso ist es aber auch möglich, die Formgebung durch andere aus der Faserverbundwerkstoff-Technologie bekannte Verfahren, wie zum Beispiel RTM ("reaction transfer moulding"), vorzunehmen. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird das zur Verstärkung vorgesehene Tragwerk aus Fasern gewebt oder gestrickt.

**[0028]** Im nächsten Schritt (c) wird der Grünkörper carbonisiert, das heißt bei Temperaturen oberhalb von ca. 750 °C unter nichtoxidierenden Bedingungen zu nichtflüchtigen Kohlenstoffrückständen zersetzt. Bevorzugt wird ein Temperaturbereich von mindestens 1600 °C. Hierzu werden auch Temperaturen oberhalb ca. 1800°C gerechnet, wo zusätzlich noch eine Graphitierung, das heißt Kristallisation des Kohlenstoffs auftritt.

**[0029]** Im nächsten Schritt (d) wird der CFC-Körper nochmals mit carbonisierbaren Pechen, Harzen, oder Polymeren nachverdichtet (imprägniert). Dieser Schritt legt im wesentlichen die Menge an Opferkohlenstoff und die Güte des Faserschutzes fest und kann gegebenenfalls ein- oder mehrmals wiederholt werden, wobei zwischen jeder Neuimprägnierung eine Carbonisierung stattfindet.

**[0030]** Auf den fertig nachverdichteten CFC-Körper wird der Vorkörper der Reibschicht oder eine entsprechende Reibschichtmasse aufgeklebt oder aufgebracht (Schritt e). Dabei erfolgt die Verbindung mit der Trag- oder Kernzone durch eine überwiegend (mehr als 50 % der Masse) Silicium enthaltende Schicht, die wie ein Hartlot wirkt.

**[0031]** Der Vorkörper der Reibschicht besteht aus einer porösen CFK- oder CFC-Schicht, wobei hier bevorzugt von einer preßfähigen kurzfaserbündelhaltigen Masse ausgegangen wird. Die Kurzfaserbündel enthalten üblicherweise mit kohlenstoffhaltigem Material beschichtete Kurzfasern mit einer mittleren Länge von bevorzugt bis zu 30 mm. Die Reibschichtmasse besteht bevorzugt aus einer bildbaren klebfähigen und carbonisierbaren kurzfaserbündelhaltigen Streichmasse.

**[0032]** Unter "bildbar" wird eine unter Druck und Wärmeeinwirkung formbare oder umformbare Masse verstanden.

**[0033]** Der der späteren Reibschicht entsprechende Vorkörper oder die Reibschichtmasse müssen einen dem gewünschten späteren SiC-Gehalt angemessenen Kohlenstoffgehalt aufweisen. Der als Reaktionspartner des flüssigen Siliciums bei der nachfolgenden Flüssigsilicierung auftretende Kohlenstoff geht aus kohlenstoffhaltigen Füllstoffen, typischerweise Graphit, Pyrolysrückständen von Harzen und Pechen und reaktiven Kurzfaserbündeln hervor. Für die Reibschichtmasse kann dabei vollständig auf faserförmiges Material verzichtet werden. Hierdurch kann auch eine nach der Silicierung vollständig faserfreie Reibschicht hergestellt werden.

**[0034]** Die mit Reibschichtmaterial versehenen geformten Körper werden hierauf siliciert. Beim Heizen auf

die Prozeßtemperatur des Silicierens wird dabei nochmals eine Carbonisierung durchlaufen, die als eigene Prozeßstufe oder zusammen mit der Silicierung durchgeführt werden kann.

**[0035]** Die eigentliche Silicierung erfolgt bei Temperaturen oberhalb von 1420 °C durch Infiltration mit einer Siliciumschmelze, wobei auch weitere Metalle oder Halbmetalle in Massenanteilen von bis zu 50 % in der Schmelze enthalten sein können. Dabei wandelt sich in bekannter Weise zumindest ein Teil des Kohlenstoffs durch chemische Reaktion in SiC um. Werden weitere Metalle verwendet, so bilden sich Si- und SiC-Phasen neben Mischphasen aus Silicium und den eingesetzten Metallen und Phasen aus Metallcarbiden und/oder Metallsiliciden aus. Dies bedeutet, daß die Metalle oder Halbmetalle der Matrix im Si oder SiC gelöst, als Si-Legierung, als Ausscheidung im Si oder SiC, als diskrete Si-Verbindung, oder weitgehend separate Phase auftreten können.

**[0036]** Typischerweise werden diese Metalle oder Halbmetalle bei der Flüssigsilicierung als Legierungsbestandteile des Siliciums in den Verbundwerkstoff eingebracht und reichern sich in den Siliciumphasen des Werkstoffes an. Zu den bevorzugten Metallen zählen insbesondere Mo, Ni, Cr, Ti, Fe, Cu, Al und B.

**[0037]** Die erfindungsgemäßen Kupplungsscheiben widerstehen auch den erhöhten Drehzahlen bzw. Rotationsgeschwindigkeiten ohne Versagen. Auch bei Drehzahlen, die bei Kupplungsscheiben der modernen Hochleistungssportwagen auftreten, zeigte sich keine Rißbildung.

#### Patentansprüche

1. Reibscheibe enthaltend eine Reibschicht und eine Kernzone aus faserverstärkten keramischen Verbundwerkstoffen, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kernzone mindestens zwei Lagen aus multidirektionalem Fasergewebe als Verstärkung enthält, wobei mindestens 5 % der Fläche jeder Fasergewebelage von Matrixmaterial durchsetzt ist, derart daß das Matrixmaterial auch in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Gewebelagen eine kontinuierliche Phase bildet.
2. Reibscheibe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Verstärkungsfasern der Fasergewebelage kohlenstoffhaltige Fasern sind.
3. Reibscheibe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Verstärkungsfasern eine mittlere Länge von mindestens 50 mm aufweisen.
4. Reibscheibe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Matrix in der Kernzone Phasen von Siliciumcarbid, metallischem Silicium und gegebenenfalls Kohlenstoff enthält.
5. Reibscheibe als Kupplungsscheibe für Reibkupplungen von Kraftfahrzeugen, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kernzone mindestens zwei parallel zur Scheibenebene ausgerichtete Lagen eines bidirektionalen Fasergewebes in einer Matrix enthaltend Siliciumcarbid, Kohlenstoff und Silicium aufweist, daß mindestens 5 % der Fläche jeder Fasergewebelage von Matrixmaterial durchsetzt ist, derart daß das Matrixmaterial auch in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Gewebelagen eine kontinuierliche Phase bildet, und daß die Reibschicht einen Massenanteil an Siliciumcarbid von 30 bis 99 % enthält.
6. Reibscheibe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die mittlere Länge der Fasern oder Faserbündel innerhalb einzelner Fasergewebelagen mindestens 10 % des Durchmessers der Kupplungsscheibe entspricht.
7. Reibscheibe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die einzelnen Fasergewebelagen vollständig durch die Matrix voneinander getrennt sind.
8. Reibscheibe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Matrix in der Kernzone einen Massenanteil von mindestens 70 % an Siliciumcarbid enthält.
9. Reibscheibe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Reibschicht einen Massenanteil von 20 bis 60 % Kohlenstoffkurzfasern mit einer mittleren Länge von maximal 30 mm enthält.
10. Reibscheibe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Reibschicht von der Kernzone durch eine überwiegend Silicium enthaltende Schicht getrennt ist.
11. Verfahren zur Herstellung von Reibscheiben aus faserverstärkter Verbundkeramik, enthaltend eine Kernzone aus Kohlenstoffasergewebe-verstärkter Keramik und mindestens einer SiC-reichen Reibschicht, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
  - a) Herstellung eines Prepregs aus mindestens 2 Lagen an bidirektionalem Kohlenstoffasergewebe
  - b) Aushärten der Prepregs
  - c) Carbonisierung zu einem C/C-Körper
  - d) Imprägnierung des C/C-Körpers mit carbonisierbaren Pechen, Harzen oder Polymeren, gegebenenfalls gefolgt von Schritt c)
  - e) Beschichtung mindestens einer Scheibenoberfläche mit einer kohlenstoffhaltigen Reibschichtmasse oder Aufkleben eines Reib-

schicht-Vorkörpers auf mindestens eine Scheibenoberfläche

f) Carbonisieren und Infiltration mit einer Si-Schmelze

5

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Beschichtung der Kohlenstoffasergewebe und/oder der sie bildenden Fasern bei der Bildung des Prepregs im Schritt a), die Carbonisierung im Schritt b), die Imprägnierung im Schritt d) und die Silicierung im Schritt f) so durchgeführt werden, daß innerhalb der Kohlenstoffasergewebelagen zusammenhängende Matrixbereiche gebildet werden, deren maximale laterale Ausdehnung bei 20 % des Scheibendurchmessers liegt.

10

15

13. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die kohlenstoffhaltige Reibschichtmasse oder der Reibschichtvorkörper so ausgewählt werden, daß die Matrix der Reibschicht einen Massenanteil von mindestens 70 % Siliciumcarbid enthält.

20

14. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Carbonisierung bei einer Temperatur von mindestens 1600 °C durchgeführt wird.

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 02 02 8771

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X A	FR 2 781 852 A (KNORR BREMSE SYSTEME) 4. Februar 2000 (2000-02-04) * Seite 4, Zeile 19 - Zeile 33 * * Seite 6, Zeile 16 - Zeile 23; Ansprüche 1,2; Abbildungen 1,1A * & DE 198 34 704 A 24. Februar 2000 (2000-02-24)	1,2,4,10  5	F16D69/02 C04B35/80 C04B35/573
Y,P	EP 1 211 231 A (PORSCHÉ AG) 5. Juni 2002 (2002-06-05) * Absatz '0006! - Absatz '0008! * * Absatz '0012! - Absatz '0013! * * Absatz '0021!; Ansprüche 1,2,4,7,8 *	1,2,4,5, 10,11	
Y	WO 99 41069 A (DAIMLER CHRYSLER AG ;SCHWARZ CHRISTIAN (DE); HAUG TILMANN (DE); RE) 19. August 1999 (1999-08-19) * Seite 1, Zeile 5 - Seite 2, Zeile 5 * * Seite 3, Zeile 1 - Zeile 11 * * Seite 6, Zeile 21 - Seite 7, Zeile 27; Ansprüche 1,2,9,10,17,3,24; Beispiele 1,2 *	1,2,4,11	
Y,P	WO 02 26659 A (HEINE MICHAEL ;SGL CARBON AG (DE); GRUBER UDO (DE); KIENZLE ANDREA) 4. April 2002 (2002-04-04) * Seite 10, Zeile 19 - Seite 11, Zeile 6 * * Seite 11, Zeile 15 - Zeile 21 * * Seite 12, Zeile 19 - Zeile 30; Ansprüche 1,5 *	1,2,4,5, 10,11	F16D C04B
Y	US 6 042 935 A (KRENKEL WALTER ET AL) 28. März 2000 (2000-03-28) * Spalte 2, Zeile 14 - Spalte 4, Zeile 54 * * Spalte 5, Zeile 53 - Spalte 6, Zeile 21; Ansprüche 1,3,4,7-10,27; Abbildungen 3,4,7 *	1,2,4,11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>13. März 2003</b>	Prüfer <b>Boulon, A</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur		T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (Pp003)



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 02 02 8771

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-03-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2781852	A	04-02-2000	DE 19834704 A1	24-02-2000
			FR 2781852 A1	04-02-2000
EP 1211231	A	05-06-2002	DE 10066044 A1	20-06-2002
			EP 1211231 A1	05-06-2002
			JP 2002255665 A	11-09-2002
			US 2002068164 A1	06-06-2002
WO 9941069	A	19-08-1999	DE 19805868 A1	28-10-1999
			WO 9941069 A1	19-08-1999
			EP 1054765 A1	29-11-2000
			JP 2002502801 T	29-01-2002
WO 0226659	A	04-04-2002	DE 10048012 A1	11-04-2002
			WO 0226659 A1	04-04-2002
			EP 1216213 A1	26-06-2002
			US 2003003286 A1	02-01-2003
US 6042935	A	28-03-2000	DE 4438456 A1	02-05-1996
			WO 9613471 A1	09-05-1996
			EP 0797555 A1	01-10-1997
			JP 3053874 B2	19-06-2000
			JP 10507733 T	28-07-1998

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82